



IX Seminário Técnico de Proteção e Controle

1º a 5 de Junho de 2008

Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil

Integração de Funções de Proteção e Controle Utilizando Recursos da Norma IEC61850 – Possibilidades e Desafios

| | | |
|-------------------------|--|-----------------------------|
| Luis Fabiano | | Mauricio Pereira |
| ABB | | ABB |
| luis.fabiano@br.abb.com | | mauricio.pereira@br.abb.com |

Palavras-chave

IEC61850,
Automação de subestações,
Proteção e Controle,
Alocação de funções.

Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar as diferentes possibilidades de alocação de funções de proteção e controle tendo em vista os atuais recursos dos modernos dispositivos de proteção e controle, e o advento da Norma IEC61850. Neste contexto, é finalidade deste documento a discussão dos diversos aspectos que envolvem o uso dos nós lógicos e seus posicionamentos dentro de diferentes dispositivos lógicos, destacando-se para isso as inúmeras variedades de soluções e suas respectivas dificuldades. Em particular, é analisada a possibilidade de integração das funcionalidades de proteção e controle em um mesmo dispositivo, bem como a integração de funções de proteção para vários objetos.

1. Introdução

Desde a publicação da Norma IEC61850 diversos tópicos relacionados à automação de subestações têm sido abordados em diferentes contextos do setor elétrico. O impacto da Norma IEC61850 pode ser visto não apenas às aplicações diretamente relacionadas com sistemas supervisórios, arquiteturas de rede ou protocolos de comunicação. O uso consistente da norma tem trazido novas possibilidades de soluções para conhecidos problemas, e pode alterar substancialmente os tradicionais esquemas de proteção e controle historicamente utilizados.

Inicialmente, grande destaque foi dado ao conceito de interoperabilidade, ou seja, na capacidade dos Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs, do inglês *Intelligent Electronic Devices*) de um ou mais fabricantes em trocar informações e usar estas informações para a realização de alguma tarefa. Neste caso, entende-se que o cumprimento deste requisito alcançou uma forte demanda de mercado, que sempre solicitou uma maior padronização das redes de comunicação para diferentes fabricantes.

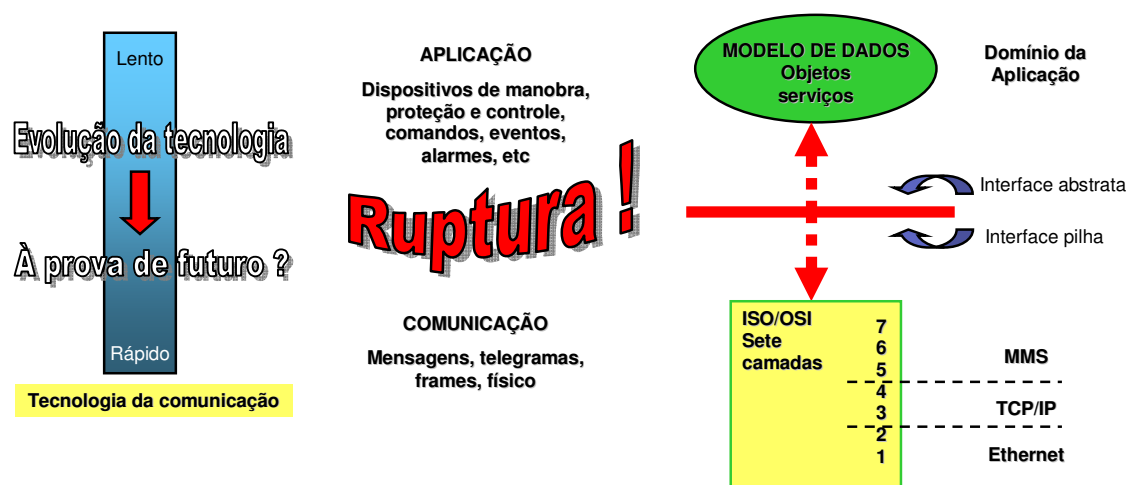
Aliado ao conceito de interoperabilidade, rapidamente iniciou-se uma grande busca pelo entendimento do uso e aplicações das mensagens GOOSE (*Generic Oriented Object Substation Events*), que através da comunicação horizontal poderia permitir novos arranjos e melhorias das soluções. Tanto o conceito

de interoperabilidade quanto do uso de mensagens GOOSE são mais bem explorados nas referências [1], [2] e [3].

Neste artigo o objetivo é o de abordar outro conceito também presente na Norma IEC61850, e que poderá causar igual ou maior impacto que os demais, ressaltando-se que de uma forma ou de outra todos eles estão inter-relacionados. Este conceito é o da Livre Alocação de Funções.

A inter-relação entre interoperabilidade, uso de mensagens GOOSE e livre alocação de funções advém basicamente de um mesmo núcleo, ou modelo, adotado no desenvolvimento dos preceitos estabelecidos pela norma. A Norma IEC61850 separa apropriadamente os conceitos de aplicação e comunicação. Esta ruptura entre o domínio da aplicação, estabelecido pelo modelo de dados, e a interface física de comunicação permite que as funcionalidades possam ser definidas e mantidas de maneira independente ao desenvolvimento tecnológico dos dispositivos de rede, mas também resulta em uma abertura abstrata da alocação destas funcionalidades. A Figura 1 ilustra o contexto abordado.

Figura 1: Ruptura entre interface abstrata e interface física



A Norma IEC61850 estabelece que a aplicação seja representada pelo modelo de dados orientado a objeto através de funções padronizadas, denominadas Nós Lógicos (LNs, do inglês *Logical Nodes*), que por sua vez possuem dados também padronizados. Estas funções básicas podem estar agrupadas nos denominados Dispositivos Lógicos (LDs, do inglês *Logical Devices*), que por sua vez podem estar abrigados nos Dispositivos Físicos (PDs, do inglês *Physical Devices*). A norma estabelece ainda os Serviços de comunicação, que permitem o acesso a estes dados de maneira aberta. Este modelo abstrato e flexível permite que estas pequenas partes funcionais (LNs) possam ser alocadas convenientemente, de acordo com cada necessidade, ou possibilidade permitida pela tecnologia.

Esta livre alocação de funções, em termos de LNs e LDs aos PDs, permite que diferentes filosofias de concepção de sistemas de automação de subestações possam ser adotadas. A consequência imediata é que isto pode resultar em elevados impactos nas soluções de proteção e controle, arquitetura de comunicação, confiabilidade e disponibilidade, e custos relacionados tanto ao investimento, quanto na operação e manutenção do sistema.

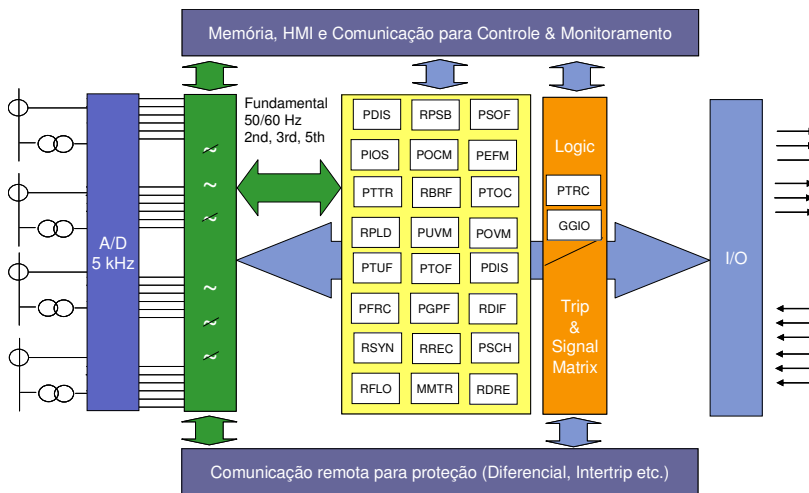
A integração de funções de proteção e controle em um mesmo IED utiliza como premissa a livre alocação de funções. Assim, por livre alocação de funções podem-se estabelecer funcionalidades distribuídas, ou a concentração (integração) de funções em um mesmo IED.

O objetivo deste artigo é o de destacar estas novas possibilidades e suas consequências, ressaltando suas vantagens e dificuldades de implantação.

2. Dispositivos Eletrônicos Inteligentes

Como parte integrante das novas soluções que a Norma IEC61850 apresenta os IEDs representam uma esfera de importância substancial para a realização de automação de subestações de forma distribuída. Advindos basicamente dos conhecidos relés de proteção, são unidades multifuncionais para a proteção, controle, medição e monitoramento de sistemas elétricos, permitindo ainda a concepção de lógicas de bloqueio e de intertravamentos, tanto de maneira integrada, ou seja, todas as funcionalidades em uma mesma caixa, quanto distribuída, ou seja, diferentes funcionalidades realizadas em diferentes IEDs. A Figura 2 apresenta uma representação esquemática de um dispositivo eletrônico inteligente e suas interfaces, destacando-se a alocação de diferentes funções representadas pelos LNs a este IED.

Figura 2: Diagrama esquemático de um Dispositivo Eletrônico Inteligente



Estes dispositivos de tecnologia microprocessada possibilitam diferentes tipos de interface com o usuário, sendo a comunicação remota a mais importante delas. Particularmente, no caso da aplicação da Norma IEC61850 a interface atual de comunicação é apresentada através de portas de comunicação em Ethernet TCP/IP, permitindo que os IEDs possam usufruir de todos os benefícios que esta tecnologia possui. Neste caso, cada IED, ou porta de comunicação deste IED, apresenta um endereçamento IP que possibilita que este equipamento possa trocar informações em um ambiente de rede Ethernet.

Historicamente, as funções de um sistema de automação de subestação são alocadas de maneira bastante tradicional nos IEDs, que por sua vez são alocados ao nível de bay. Cada IED possui então interfaces tanto para o processo (TCs, TPs, etc) quanto para interfaces homem - máquina.

Com o aumento da capacidade de processamento e memória, os IEDs podem cada vez mais realizar funções mais inteligentes, melhorar sua auto-diagnose, e aumentar o processamento múltiplo, ou seja, um mesmo conjunto de dados pode ser processado por diferentes funções de maneira simultânea, aumentando a segurança e disponibilidade do sistema.

3. Integração de funções de proteção e controle

Tendo em vista a elevada capacidade de processamento dos IEDs, e as necessidades inerentes de múltiplas funcionalidades impostas por diferentes projetos, rapidamente houve uma migração dos recursos de controle para os relés de proteção. Esta tendência pôde ser observada muito antes do advento da Norma IEC61850, pois relés de proteção com funcionalidade de controle estão disponíveis no mercado há mais de uma década, e são amplamente utilizados em circuitos de média tensão.

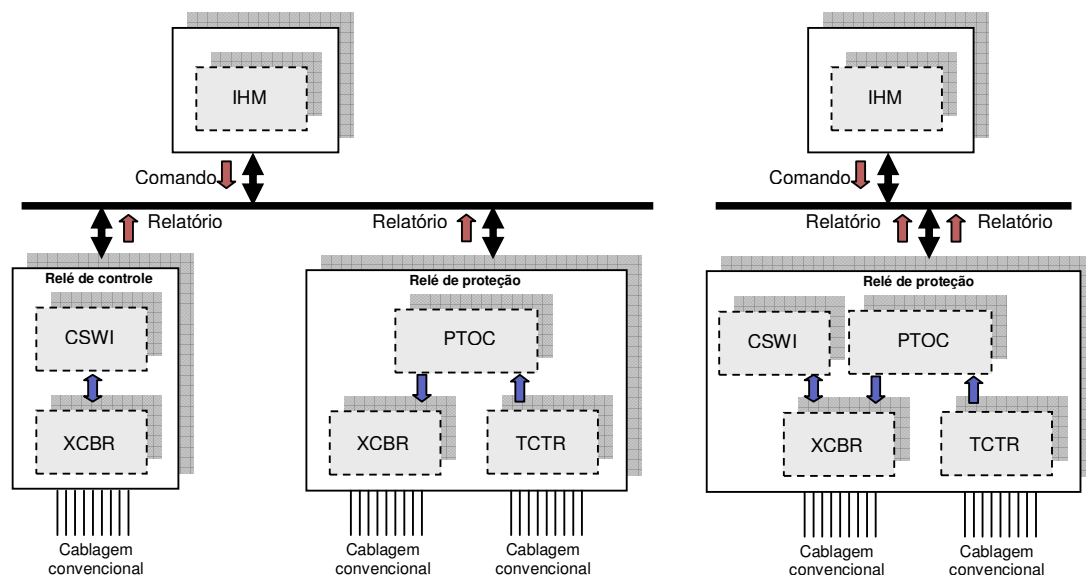
No entanto, a livre alocação de funções trazida pela Norma IEC61850 expande esta possibilidade para outras aplicações, permitindo que diferentes funcionalidades possam ser integradas, tanto em proteção quanto em controle de maneira mais padronizada. Como benefício imediato pode haver a redução de componentes de um nível de bay, o que resulta muitas vezes em redução de custos e simplificação de painéis. No entanto, esta abordagem impõe algumas mudanças filosóficas não apenas na fase de concepção do sistema de automação, mas também para a operação e manutenção do sistema, e exige outra postura no tratamento dos procedimentos inerentes aos sistemas elétricos.

Como exemplo, a Figura 3 apresenta a migração da funcionalidade de controle de um hardware dedicado para um hardware inicialmente utilizado apenas para funções de proteção. A representação utilizada já segue a nomenclatura dos nós lógicos. Inicialmente, o LN CSWI de controle é alocado em um IED específico, recebendo informações de posição do disjuntor do LN XCBR, e enviando informações ao mesmo LN XCBR para efeito, por exemplo, de comandos de abertura e fechamento. Um outro IED, para o mesmo bay, é responsável pelas funções de proteção. Neste caso, é representada a função de sobrecorrente temporizada LN PTOC, que também interage com o LN XCBR para o comando de disparo, e a função LN TCTR que representa o transformador de corrente.

Numa segunda condição, na mesma figura, o LN CSWI de controle é deslocado para o mesmo IED responsável pela proteção do bay. Neste caso, é explícito que a funcionalidade de controle foi mantida. Em termos práticos, não houve qualquer perda de funcionalidade com a alocação do LN CSWI a um outro IED, e sim apenas o seu deslocamento. Todos os requisitos e atributos são mantidos, e rigorosamente devem obedecer aos mesmos princípios anteriormente usados.

Para um operador local, a única diferença é que o controle local deve ser feito no IED de proteção. No entanto, este IED tipicamente apresenta as mesmas interfaces homem-máquina disponíveis em um dispositivo dedicado de controle. Para um operador de um ponto remoto esta alocação é totalmente transparente, pois ao solicitar um evento de comando ao LN CSWI o comando será obedecido, sem que o operador saiba, na essência, onde o LN CSWI se encontra.

Figura 3: Integração das funções de controle e proteção em um mesmo IED



Uma primeira dificuldade para este tipo de solução esbarra hoje na divisão que existe dentro das empresas quando o assunto é proteção e controle. Em geral, estes assuntos são tratados por departamentos distintos. A segunda dificuldade com este tipo de abordagem aparece quando a filosofia impõe a prerrogativa de duplicidade, ou redundância, da função de controle, similarmente ao que é

feito em termos de proteção quando se utiliza o conceito de proteção principal e proteção alternada. Neste caso, é solicitado que o LN CSWI seja configurado em mais de um IED, simultaneamente, tendo em vista que a livre alocação de funções possibilita esta alternativa. Assim, na eventual falha do IED que absorveu a função de controle, um outro IED, com outro LN CSWI, poderia assumir o controle do bay. O problema com esta solução se inicia com a definição de qual dos IEDs, ou LNs, é o que possui prioridade de controle.

Como exemplo, seja o caso em que um dos IEDs tem a prioridade de controle em relação ao outro, e o mesmo perde a alimentação auxiliar. Neste caso, o segundo IED deverá assumir a responsabilidade pelo controle e demais intertravamentos do bay. Suponha-se agora que durante esta condição alguns estados do bay sejam alterados, e que em seguida o primeiro IED retorne ao estado ativo, com a volta da alimentação auxiliar. Neste momento poderá ocorrer um conflito de informações, pois estados distintos poderão ser reportados a partir de cada um dos IEDs.

Uma outra condição que pode ser crítica, e que exige cuidado no momento de implantação é a configuração de lógica de bloqueio (ANSI 86) internamente aos IEDs redundantes, através de elementos lógicos de memória (flip-flop). Neste caso, novamente com a perda de alimentação de um dos IEDs poderá haver conflito, ou mesmo falta de informação.

Estes tipos de problema podem ser resolvidos de distintas maneiras, porém algumas podem demandar elevada complexidade de engenharia de software, e por conseqüência um elevado número de homens/hora, e a solução pode resultar em condições de contorno que devem ser aceitas.

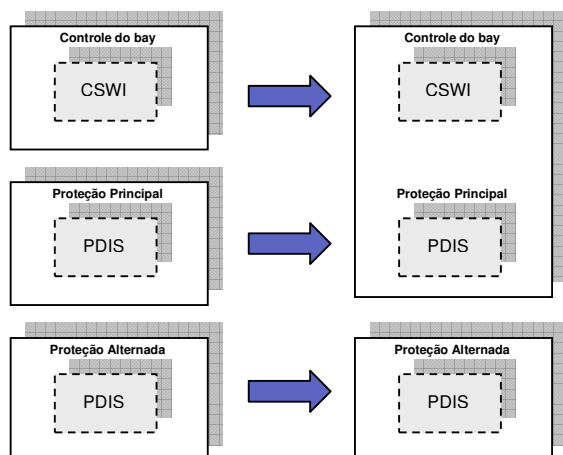
A principal prerrogativa, nestes casos, é a de estabelecer adequadamente as premissas a serem adotadas, e o cumprimento dessas premissas durante o projeto. Deve-se ter claramente demarcados os limites de cada uma das soluções, e conviver com estes limites. Por exemplo, uma solução para a lógica de bloqueio seria o uso de um relé convencional biestável no lugar da lógica interna ao IED, sendo este relé eletromecânico a base de informação de estado bloqueado para ambos os IEDs. O inconveniente, neste caso, é o uso do relé biestável, com seu custo de instalação, manutenção, etc. Uma outra opção seria deixar a tomada de decisão para o próprio sistema supervisor, que escolhe através de rotinas previamente estabelecidas em qual informação deverá confiar. Mas esta solução irá impor ao integrador do sistema um esforço computacional maior, com rotinas de tomadas de decisão e de intertravamentos que podem ser bastante complexas. Cada uma dessas soluções irá certamente apresentar vantagens e desvantagens, e terão impacto direto no desenvolvimento do projeto.

Ressalta-se, contudo, que tradicionalmente a função de controle sempre foi realizada por um único IED de controle. Sua livre alocação para outro IED, que também contempla outras funções, tais como proteção, não deve impor a necessidade de configuração de redundância, principalmente ao se levar em conta as dificuldades impostas. Deve ser uma possibilidade, que deve ter seus limites aceitos.

Para os sistemas de transmissão historicamente observa-se também a tendência de uma integração maior de funcionalidades. Na década de 1960 observava-se que um bay de linha ou de transformador era coberto por aproximadamente 12 (doze) dispositivos. Por volta do ano 2000 foi possível constatar que as mesmas funcionalidades, agregadas com outras desenvolvidas ao longo do tempo, podiam ser cobertas por três (proteção principal, alternada e controle) ou quatro (proteção principal, alternada, controle e unidade de bay da proteção de barras) dispositivos.

Com o advento da tecnologia numérica e a Norma IEC61850 novas formas de aplicação estão sendo implementadas para resolver os mesmos antigos problemas. Uma das possibilidades é também a integração da funcionalidade de controle ao IED de proteção nos sistemas de transmissão. Assim, o LN CSWI alocado inicialmente a um IED de controle pode ser deslocado para um dos IEDs de proteção (principal ou alternado) de um bay de linha ou de transformador. A Figura 4 ilustra esta condição.

Figura 4: Exemplo de aplicação com integração de funções

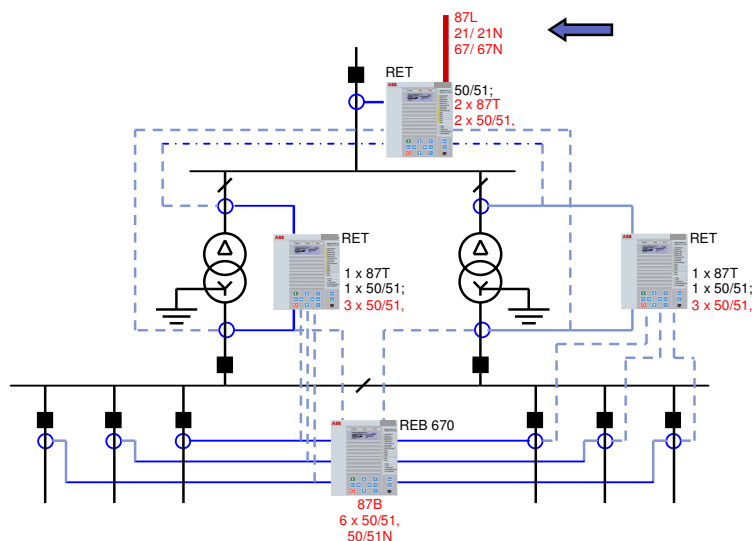


4. Integração de funções de proteção para vários objetos

A livre alocação de funções pode também ser aplicada aos sistemas de proteção. Os sistemas de proteção tradicionais utilizam, conforme já mencionado, uma orientação ao nível de bay, estabelecendo critérios e funções variadas aos IEDs, que cobrem um determinado trecho ou zona de proteção. No entanto, ao se extrapolar o raciocínio da alocação de funções de proteção a diferentes IEDs novas soluções podem ser desenvolvidas, otimizando a aplicação dos IEDs a diferentes objetos a serem protegidos. Dentro deste contexto, entende-se que um determinado circuito a ser protegido por certa função de proteção poderia ter esta função alocada em qualquer IED que pudesse proteger este circuito, e não necessariamente o IED instalado neste circuito. Assim, se um alimentador necessita da proteção de sobrecorrente temporizada LN PTOC esta função poderia ser alocada em um IED que tivesse capacidade para receber esta função.

Como exemplo, seja analisar o esquema apresentado pela Figura 5, que representa um típico diagrama unifilar de uma instalação industrial. Este tipo de instalação, com uma entrada de linha, dois transformadores e seis alimentadores é tradicionalmente protegido por um conjunto de relés de proteção dedicados a cada um dos trechos, ou objetos identificados. Numa primeira abordagem poderiam ser previstos pelo menos nove relés de proteção para este unifilar.

Figura 5: Exemplo de aplicação com integração de funções



No entanto, utilizando o princípio da livre alocação de funções e a tecnologia atualmente disponível nos IEDs diferentes soluções podem ser pensadas para este mesmo unifilar. Para isso é necessário também que os IEDs possuam elevada capacidade de processamento, de entradas analógicas e de entradas e saídas digitais.

Na solução apresentada, os IEDs responsáveis pela proteção do transformador irão também cobrir a proteção de três dos alimentadores. Para isso, os transformadores de corrente destes alimentadores devem ser conectados ao IED de transformador. As funções de sobrecorrente LN PTOC dos alimentadores são então alocadas no IED de transformador, que irá processá-las de maneira totalmente independente. O outro IED de transformador é responsável pela proteção de sobrecorrente dos demais alimentadores. Esta aplicação elimina a instalação de seis relés de proteção para os alimentadores, diminuindo o número de dispositivos, painéis, etc. Ressalta-se, no entanto, que não houve perda de funcionalidade com esta solução. A proteção de barras pode permitir, adicionalmente à função diferencial, a alocação de funções de sobrecorrente para cada alimentador. Com isto, cada alimentador irá agora possuir duas funções de sobrecorrente operando de maneira redundante, uma realizada pelo IED de transformador e outra realizada pelo IED de barras. Assim, o sistema de proteção apresentou uma redução do número de relés, mas um aumento da disponibilidade do sistema como um todo.

Na entrada da subestação um IED idêntico aos IEDs de transformadores pode ser instalado para o cumprimento local das funções de proteção. A adoção deste IED idêntico pode diminuir a quantidade de peças sobressalentes. Os transformadores de corrente, tanto do lado de alta quanto de baixa, de cada transformador de força, podem ser também conectados ao IED de entrada da subestação, e duas funções diferenciais de transformador alocadas a este IED. Com isto o IED de entrada protege também os dois transformadores de força, tornando o sistema novamente redundante, sem o uso de dispositivos adicionais. Este IED de entrada pode ainda trabalhar como proteção de retaguarda da linha de transmissão, exigindo apenas a instalação da proteção principal. No total, o número de IEDs foi diminuído, se comparado a uma solução tradicional, e a proteção foi duplicada em todo o sistema.

No entanto, para este tipo de solução as prerrogativas e limitações devem ser claramente levantadas. Apesar do aumento nítido da disponibilidade do sistema de proteção, o mesmo irá apresentar um impacto direto em procedimentos de operação e de manutenção de uma planta elétrica. Se um IED é responsável pela proteção de mais de um circuito cuidado adicional deve ser tomado quanto ao manuseio deste IED, evitando ações indevidas. Blocos de testes adicionais e rotinas de manutenção mais detalhadas serão provavelmente necessários.

Este mesmo raciocínio pode ser estendido para o controle de vários objetos, ou seja, um mesmo IED poderia ser responsável pelo controle e intertravamentos de vários objetos. Novamente, cuidados adicionais devem ser tomados no manuseio do IED.

5. Perspectivas e critérios

Tendo em vista que as funções, incluindo a troca de dados, exigem o cumprimento de seus requisitos com o mesmo desempenho independente de onde estão alocadas a implementação da livre alocação de funções do IEC61850 pode ser restringida.

O cumprimento dos requisitos deve ser avaliado não somente em termos de funções isoladas, mas também no que se refere ao arranjo e arquitetura da rede de automação. A alocação de funções pode aumentar ou diminuir o número de IEDs, aumentando ou diminuindo a disponibilidade do sistema, e tem impacto direto na arquitetura física do sistema. Por exemplo, um número maior de IEDs pode significar também um número maior de portas de *switches*, ou mesmo de *switches* inteiras.

O número de IEDs, a complexidade de funções e a complexidade do sistema de comunicação podem aumentar significativamente o processo de engenharia, e a necessidade de ferramentas mais elaboradas. A distribuição de funções e a arquitetura de comunicação podem, por outro lado, reduzir os esforços de engenharia. Portanto, a restrição da livre alocação de funções pensada somente na

limitação da aplicação das funções de proteção pode não contemplar outras possibilidades, que facilitaríamos outros desenvolvimentos da engenharia do sistema como um todo. A livre alocação de funções, que resulta em uma solução extremamente distribuída, pode, no entanto, resultar em um sistema muito sensível a perda de um LN que subsidia múltiplas funções, e cuidado adicional deve ser tomado neste desenvolvimento.

Apesar das possibilidades de livre alocação de funções atualmente disponíveis em alguns sistemas, permitidas pela capacidade de alguns IEDs, a totalidade de sua aplicação deverá ser mais explorada a partir da implementação do barramento de processo. Uma vez que os valores de corrente e tensão possam estar distribuídos de maneira digital em uma rede de comunicação, diversas soluções inovadoras serão viabilizadas. O resultado poderá ser o desenvolvimento de sistemas de proteção e controle totalmente integrados, ou seja, no limite toda a proteção e controle de uma subestação poderão ser realizados por um IED apenas, ou em outras palavras por um computador centralizado. De maneira a melhorar a disponibilidade do sistema, este computador poderia operar em sistema completamente redundante. Novamente, novas ferramentas e métodos precisam ser concebidos para o gerenciamento das atividades de operação e manutenção.

Independentemente da arquitetura do sistema, do número de IEDs e da alocação de funções, é sempre fundamental que se atenda ao critério de falha simples. Este critério exige que a falha de qualquer um dos componentes de um sistema responsáveis pela eliminação de defeitos não deve resultar na falha completa em se eliminar o defeito. Assim, como forma de se garantir o cumprimento ao critério de falha simples a proteção de retaguarda torna-se primordial. Esta proteção de retaguarda pode, no entanto, usufruir também dos conceitos de livre alocação, e ser implementada em qualquer dos IEDs disponíveis.

3. Conclusão

O artigo abordou a possibilidade de integração de funções aos modernos IEDs para proteção, controle, medição e monitoramento de sistema elétricos. Através dos modernos recursos de processamento e de interfaces de entradas analógicas e digitais disponíveis nestes dispositivos foram contempladas algumas perspectivas de soluções que possibilitam um aprimoramento no uso de equipamentos, engenharia e da rede de comunicação. Baseando-se nos conceitos e premissas trazidos pela Norma IEC61850, a livre alocação de funções é destacada como principal recurso no desenvolvimento de soluções integradas ou distribuídas. Estas novas soluções trazem impactos diretos em processos de manutenção e operação do sistema, e assim a necessidade de desenvolvimentos de novas rotinas e de postura perante a nova realidade foi destacada.

4. Referências

- [1] L.Fabiano, M.Pereira, “Uma Abordagem Prática do IEC61850 para Automação, Proteção e Controle de Subestações”, VII SIMPASE, Salvador, 2007.
- [2] M.Pereira, L.Fabiano, “Uma Aplicação Prática em Subestações e Transmissão, utilizando IEDs Integrados diretamente no SAGE baseado nos Conceitos e Estruturas da Norma IEC61850”, XIXSNPTEE, Rio de Janeiro, 2007.
- [3] L.Fabiano, “Novas Soluções em Proteção e Controle de Subestações Utilizando os Recursos da Norma IEC61850”, Revista ALCOOLBrás, Ano IX, No.112, 2007.
- [4] K.P.Brand, W.Wimmer, “Investigations of Different Function Allocations in SA Systems Enabled by IEC61850”, IEEE Lausanne Power Tech Conference, Lausanne, 2007.
- [5] S.Holst, P.Norberg, A.Johnsson, “Functional Integration – Possibilities and Challenges”, Study Committee B5 Colloquium, Madrid, 2007.
- [6] W.Baass, K.P.Brand, A.Menon, “Acceptable Function Integration of Protection and Control at Bay Level”, Study Committee B5 Colloquium, Madrid, 2007.